

**MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO E USO DO SOLO NOS ENTORNOS DA
LAGUNA DOS PATOS, RS, UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO
DIGITAL DE IMAGEM DO SIG SPRING**

CARLOS RONEY ARMANINI TAGLIANI¹
RAUL SANCHES VICENS²

¹FURG - Fundação Universidade de Rio Grande
ctagliani@geol.log.furg.br

² Universidade Federal do Rio de Janeiro
Curso de pós-graduação em Geografia
rcuba@igeo.ufrj.br

Abstract. This paper presents the results of vegetation and land use mapping of a portion the Rio Grande do Sul coastal plain, Brazil. The map was generated by digital processing of LANDSAT images, using the Geographical Information System SPRING. The matching of ground truth and digital processing results was adequate to scale and objectives of the work.

Keywords: image processing, vegetation and land use map, GIS.

1. Introdução.

Com o objetivo de contribuir para a solução dos conflitos gerados pela atividade de mineração nos entornos do estuário da Laguna dos Patos, RS, Tagliani (2002) realizou uma análise ambiental integrada dessa região, considerando os marcos legais e institucionais, as características diferenciadas do meio físico-natural, os processos econômicos, sociais e culturais, as características da atividade de mineração na região e suas repercussões e interações no sistema ambiental como um todo.

A ausência de informações sobre a distribuição e localização de comunidades vegetais e padrões de uso do solo da área de estudo, na escala de interesse, exigiu a elaboração de um mapa temático com tais informações, consideradas básicas e essenciais para a análise ambiental proposta. Este plano de informação foi obtido por técnicas de processamento digital de imagens de satélite, utilizando o Sistema Geográfico de Informações SPRING® , cujos resultados apresenta-se neste trabalho.

2. Localização da área de estudo.

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul, uma das quatro províncias morfológicas do Estado (Carraro et al. 1974), localiza-se entre os paralelos de 29° 18' e 33° 48' de latitude Sul ocupando uma faixa adjacente ao Oceano Atlântico, com 650 km de extensão por cerca de 70 km de largura média.

A área de estudo deste trabalho, limitada pelas coordenada UTM 334000, 486000, 6380000, 6534000, abrange integralmente a área dos municípios de Pelotas, Rio Grande e São José do Norte, os quais delimitam a porção estuarina da Laguna dos Patos (**Figura 1**).

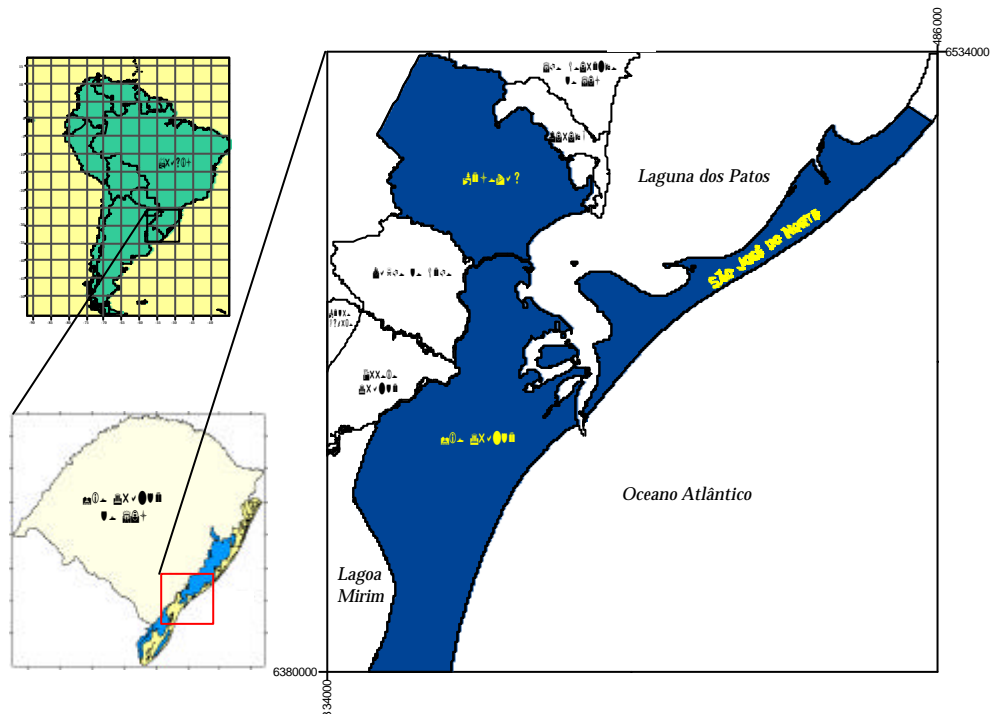


Figura 1 - Localização da área de estudo

3. Materiais e métodos.

Neste trabalho foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 7 com órbita-ponto 221_082 de 24/02/2000. O processamento digital da imagem de satélite foi realizado utilizando-se o SGI SPRING, e compreendendo as seguintes etapas: Realce de Contraste; Modelo de Mistura; Segmentação e Classificação.

3.1. Realce de Contraste

A manipulação do contraste consiste numa transferência radiométrica (valor digital) em cada pixel, com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre objetos presentes na imagem. O SPRING, permite a manipulação de contraste através de várias opções, em função do tipo de curva utilizada para modificar o histograma. A manipulação pela opção mínimo/máximo, utilizada neste trabalho, utiliza uma curva linear que permite a escolha dos valores iniciais e finais que determinam a inclinação da reta. As opções restantes partem de 0 e vão até 255.

Após a escolha dos valores mínimo e máximo do histograma, é aplicada uma transformação linear onde a base da reta é posicionada no valor mínimo e o topo da reta no valor máximo. Nesse processo, ocorre uma saturação nos valores 0 e 255, uma vez que *pixels* de colunas vizinhas, com valores inferiores à opção de mínimo, que originalmente podiam ser diferenciados com base no seu nível de cinza, serão fundidos numa só coluna e passarão a ter valor 0. O mesmo acontece com os *pixels* de colunas acima do valor máximo, que passarão a ter valor 255.

Essa opção se adapta aos tipos de padrões que aparecem na imagem de satélite da área de estudo, com abundantes corpos de água que apresentam uma alta frequência de *pixels* próximos ao valor 0, originando inclusive histogramas bimodais, permitindo uma saturação no começo do histograma.

3.2. Modelo de Mistura

A radiância detectada pelos sensores do satélite LANDSAT é uma integração, denominada *mistura*, de todos os objetos, denominados *componentes da mistura*, contidos nos elementos da cena. Assim, o valor registrado pelo sensor pode ser considerado como a soma integrada das radiâncias dos diferentes materiais que compõem a área imageada (Shimabukuro & Smith, 1991)

A ferramenta de Modelo de Mistura do SPRING baseia-se na geração de imagens sintéticas, que representam as proporções de cada componente da mistura (vegetação, solo, água, etc.) dentro dos *pixels*, isto é, o número de bandas originais é reduzido para o número de componentes do modelo de misturas, podendo ser uma a proporção de vegetação, outra a de solo e uma terceira, a proporção de água ou sombra em cada *pixel* da imagem.

No Modelo Linear de Mistura, o valor do *pixel* em qualquer banda espectral é considerado como a combinação linear da resposta de cada componente da mistura dentro do *pixel*. Neste trabalho foram utilizadas as bandas 3, 4, 5 e 7 do Landsat7 TM, cujos componentes discriminados são vegetação, solo e água (que apresenta um comportamento similar à sombra).

3.3. Segmentação de imagens

Neste trabalho foi utilizado um processo de segmentação por crescimento de regiões aplicado às imagens sintéticas dos componentes geradas no Modelo de Mistura, com o objetivo de diferenciar formações florestais de difícil detecção nas bandas espectrais, mas que

apresentam variações na sua estrutura, tipo e forma das copas das árvores (Floresta Submontana, *Eucalyptus Sp.*, *Hevia Sp.*, etc.).

O crescimento de regiões é uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes espacialmente podem ser agrupadas. O processo calcula um critério de similaridade para cada par de regiões adjacentes, baseado num teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de sub-imagens e então, realiza-se a união entre elas, segundo um limiar de agregação previamente definido.

3.4. Classificação

A classificação consiste em associar cada *pixel* da imagem a uma determinada “classe” de informações temáticas que descrevem um objeto real como vegetação, áreas urbanas, etc. (Crósta, 1992). O conhecimento prévio da região de estudo, definiu o processo de classificação supervisionada como o mais adequado. Inicialmente foram definidas as distintas classes de vegetação e uso do solo e as áreas da imagem que as representam, chamadas de áreas de treinamento. Essas áreas puderam, então, ser usadas como um padrão de comparação para decidir a qual classe pertencem todos os *pixels* ou regiões da imagem.

Foi utilizado um classificador por regiões, que reconhece áreas homogêneas da imagem, baseados nas propriedades espectrais e espaciais. O processo de segmentação é utilizado inicialmente para separar regiões onde as propriedades espaciais e espectrais irão juntar áreas com a mesma textura. O algoritmo utilizado no SPRING, para comparar as regiões da imagem com as diferentes classes, é a distância de *Battacharya*. Finalmente, o mapeamento para classes transforma a imagem classificada num mapa temático.

O processo completo de classificação envolveu várias etapas de ajuste para calibração das informações geradas pelo computador. Após cada etapa de classificação, foram realizadas visitas a campo (cerca de 2000 km de percurso total) para conferência da precisão dos dados e coleta de posições georreferenciadas de alvos para serem utilizadas como áreas de treinamento no processo de classificação.

Exemplos envolvendo esse processo de classificação podem ser vistos em Yi et al. (1998) e Moreira et al. (1998).

4. Resultados

Dentre as regiões fitoecológicas identificadas no Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986), para o Estado do Rio Grande do Sul, estão presentes na área de estudo porções da Região da Savana e Região da Floresta Estacional Semidecidual que ocupam áreas da vertente leste do Escudo Cristalino, além da Área das Formações Pioneiras na Planície Costeira (**Figura 2**).

Na área de estudo, a Savana aparece na região de transição do Escudo Cristalino para a Planície Costeira, em altitudes variando de 40 a 150 metros. Descrevendo as características da vegetação do município de Pelotas, Rosa (1985) faz referência aos campos naturais que ocorrem nas coxilhas (100 a 150 m) classificando-os como “mistos”, com predomínio de gramíneas do gênero “*paspalum*”, e com uma cobertura vegetal ao redor de 60%. Nas zonas de altitudes entre 200 e 400 m, de relevo ondulado, as pequenas áreas de campos apresentam uma vegetação baixa, com muitas leguminosas, constituindo uma pastagem de boa qualidade.

A divisão da Região da Floresta Estacional Semidecidual em quatro formações é devida a critérios altimétricos: Floresta aluvial – ao longo dos cursos d’água; Floresta das Terras Baixas – até 30 m; Floresta Submontana – de 30 a 400m e Floresta Montana – de 400 até 1000 m.

A Floresta Submontana na área de estudo corresponde ao que Rosa (*op cit*) denominou de “Mata Subtropical Arbustiva”, cuja presença relaciona-se com a relativa regularidade e

abundância de chuvas (1500 mm) por influência da altitude. Segundo o autor, os resíduos de mata nativa encontram-se dispersos na zona alta e ondulada do município sob a forma de capoeiras, em diversos estágios, ou como resíduos da floresta nativa em terrenos íngremes. No mapa da vegetação e uso do solo (**Figura 2**) foram agrupadas sob o nome de Floresta Estacional Semidecidual Submontana tanto a floresta nativa em áreas íngremes, quanto as capoeiras (vegetação secundária) e matas que ocorrem nas encostas úmidas e acompanhando os cursos d'água e vertentes .

Atualmente, a vegetação nativa da região encontra-se muito reduzida. Na área do Escudo Cristalino, com a presença de colonos alemães, italianos e franceses, a partir de meados do século 19, a floresta foi cedendo espaço para o desenvolvimento de uma policultura variada, incluindo cultivos anuais e perenes, capoeiras em diversos estágios e pecuária leiteira. Já na região da Planície Costeira, onde dominavam os campos nativos, desenvolveu-se inicialmente a pecuária extensiva, e, mais recentemente, a monocultura do arroz associada com a criação de gado (Rosa, 1985).

A Floresta Aluvial encontra-se nas várzeas dos principais cursos d'água, desenvolvida sobre depósitos aluvionares Quaternários. Encontra-se relativamente bem preservada devido à dificuldade de utilização agrícola nesses locais com problemas de drenagem.

Segundo o IBGE (1986), nas Áreas de Formações Pioneiras¹ ocorre uma vegetação típica dos primeiros estágios sucessionais em decorrência do constante rejuvenescimento do solo por depósitos marinhos e aluvionais durante o Período Quaternário. As espécies vegetais podem ser tanto arbóreas quanto herbáceas, com variada gama de formas biológicas, adaptadas às diferentes condições edáficas ali reinantes.

Nas *áreas de influência fluvial*, a oeste das Lagoas dos Patos e Mirim, as formas biológicas ocorrentes nas áreas de dunas de areias são psamófitas e xeromorfas, enquanto nos locais de solos hidromórficos habitam espécies higrófitas, geófitas e hemicriptófitas. Os campos litorâneos são campos inundáveis de gramíneas rasteiras estolhosas. Na transição para o Escudo, tornam-se campos “grossos”, com cobertura vegetal inferior a 60%, com poucas espécies de gramíneas de baixo valor forrageiro, onde a vegetação rasteira é a grama forquilha, além da barba de bode. Nas margens da Lagoa Pequena e canal de São Gonçalo ocorre vegetação de banhados com predomínio de uma flora palustre de juncáceas e ciperáceas. As matas de restinga são compostas de espécies arbóreas e ocupam as encostas das falésias e desníveis topográficos entre unidades geomorfológicas distintas, formando grupamentos longos e estreitos, bem como na parte inferior das encostas e em depressões úmidas ou até alagadas. É comum a ocorrência de estreitas faixas de matas de restinga (ripárias) ao longo de canais retificados utilizados para irrigação de lavouras de arroz. Espécies comuns nas matas de restinga incluem cactáceas, figueiras, jerivás e aroeiras (Rosa, *op cit*).

Nas *áreas de influência marinha*, à leste do sistema lagunar, apesar da microvariação do relevo que condiciona a localização preferencial das espécies arbóreas ou herbáceas, a região é relativamente homogênea no sentido florístico. Com exceção de umas poucas espécies arbóreas, as áreas que não se apresentam alagadas são grandes campos, formados principalmente por gramíneas, juncáceas e ciperáceas. As atividades antrópicas já modificaram sensivelmente a paisagem natural.

Em São José do Norte, a atividade agropastoril caracteriza-se principalmente pela criação de bovinos e ovinos e cultivo de cebola e arroz, além do plantio de pinus como uso intensivo do solo. Em Rio Grande, destacam-se o cultivo de arroz e a criação de bovinos e ovinos.

¹ A vegetação das Áreas de Formações Pioneiras são típicas das primeiras fases de ocupação de novos solos, independentemente de clima e acham-se esparsamente distribuídas em toda a Planície Costeira e também no Planalto da Campanha (IBGE, 1986).

As espécies arbóreas nativas estão, via de regra, associadas a cursos d'água, nas matas ripárias, em encostas de barreiras e falésias de terraços lagunares, nas matas arenícolas e nas áreas deprimidas com lençol freático aflorante e maior teor de matéria orgânica, nas matas paludícolas.

Os florestamentos com espécies exóticas ocupam uma parcela significativa da região. Os talhões de pinus são mais freqüentes e volumosos do que os de eucalipto, sendo que ambas as espécies ocupam atualmente áreas originalmente cobertas por campos arenícolas. As florestas de pinus, em ambos os municípios, foram implantadas preferencialmente sobre as dunas obliteradas e mantos de aspersão atrás dos campos de dunas ativas.

Os banhados representam um elemento importante na determinação da fisionomia natural dessa região. No município de São José do Norte, os banhados estão geralmente associados às lagoas, margeando-as e fazendo a transição destas com as outras formações. Em Rio Grande, os banhados ocorrem em uma grande extensão nas margens do canal de São Gonçalo, no banhado do Taim, nas cavas dos cordões litorâneos e na parte deprimida de antigas linhas de drenagem sobre a barreira litorânea, além de pequenas porções associadas aos corpos lagunares menores.

De uma maneira geral, a vegetação de dunas distribui-se segundo um gradiente que varia de acordo com o afastamento da linha de costa. Os terrenos mais afastados da costa e as dunas obliteradas apresentam uma maior diversidade e cobertura vegetal devido, em grande parte, ao substrato mais estável e influenciado pelas oscilações do lençol freático.

Os campos litorâneos compreendem todas as formações herbáceas de baixo porte. Nas áreas mais secas ocorrem campos relativamente ralos, dominados por gramíneas de larga distribuição regional enquanto nos campos úmidos ocorre uma maior diversidade específica.

As marismas ocupam margens e pequenas ilhas do estuário. A vegetação característica é a herbácea, ereta, perene, tolerante às variações de salinidade, sendo submetida à dessecação e inundações irregulares. As comunidades vegetais desempenham importante papel na estabilidade do substrato, impedindo a erosão, representando o habitat de diversos organismos e constituindo importante fonte de detritos para as teias tróficas estuarinas (Cordazzo & Seeliger, 1988). A maior expressão dessa comunidade vegetal encontra-se no município de Rio Grande, onde ocupa uma área de 59 km².

5. Considerações finais

A técnica de processamento digital de imagem de satélite utilizada para o mapeamento da vegetação e uso do solo na área de estudo, mostrou-se adequada aos objetivos do trabalho na escala da análise. As inúmeras saídas a campo, para calibração dos dados, permitiram verificar o alto grau de coerência da verdade de campo com os resultados do processamento digital. Nas áreas de cultivo de arroz, devido aos vários quadros em estágios diferentes de preparação do solo, o resultado do processamento digital foi insatisfatório, havendo grande confusão com outros alvos, especialmente campos litorâneos secos e úmidos. Entretanto, devido ao conhecimento prévio da região, e o fácil reconhecimento visual do padrão geométrico desta classe de uso, foi possível realizar a correção para a classe temática desejada.

Em função do tamanho da área mapeada, praticamente uma cena inteira do satélite LANDSAT, o tempo de processamento computadorizado foi muito grande, especialmente na fase de segmentação da imagem. A máquina utilizada, um computador com processador de 1 GHz e 258 MB de memória RAM, levou cerca de 8 horas para completar o procedimento. Entretanto, o processamento é bastante rápido com cenas menores, inclusive podendo ser

realizado em tempo real com auxílio de um notebook apropriado, economizando tempo e diminuindo custos relacionados à impressão e viagens seguidas a campo.

6. Referências Bibliográficas

Carraro, C.C., Gamermann, N., Eick N.C., Bertoluzzi C.A., Jost H., Pinto J.F. *Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Instituto de Geociências, UFRGS, 1974. Escala 1: 1.000.000.

Cordazzo, C.V. ; Seeliger, U. *Guia Ilustrado da Vegetação Costeira do Extremo Sul do Brasil*. Rio Grande : Editora da FURG, 1988. 275 p.

Crósta A.P. (1992) *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. IG/UNICAMP, 170p.

IBGE. *Levantamento dos Recursos Naturais: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim*. Volume 33. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

Moreira M.A., Aulicino L.C.M., Shimabukuro Y.E., Duarte V., Rudorff B.F.T., Yi J.L.R., Souza I.M. (1998). Modelo de mistura espectral para identificar e mapear áreas de soja e milho em quatro municípios do estado de Minas Gerais. *Anais do IX Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, SP*. INPE, CD-ROM. [URLib](#).

Rosa, M. *Geografia de Pelotas*. Pelotas: Editora da Universidade Federal de Pelotas, 1985. 333p

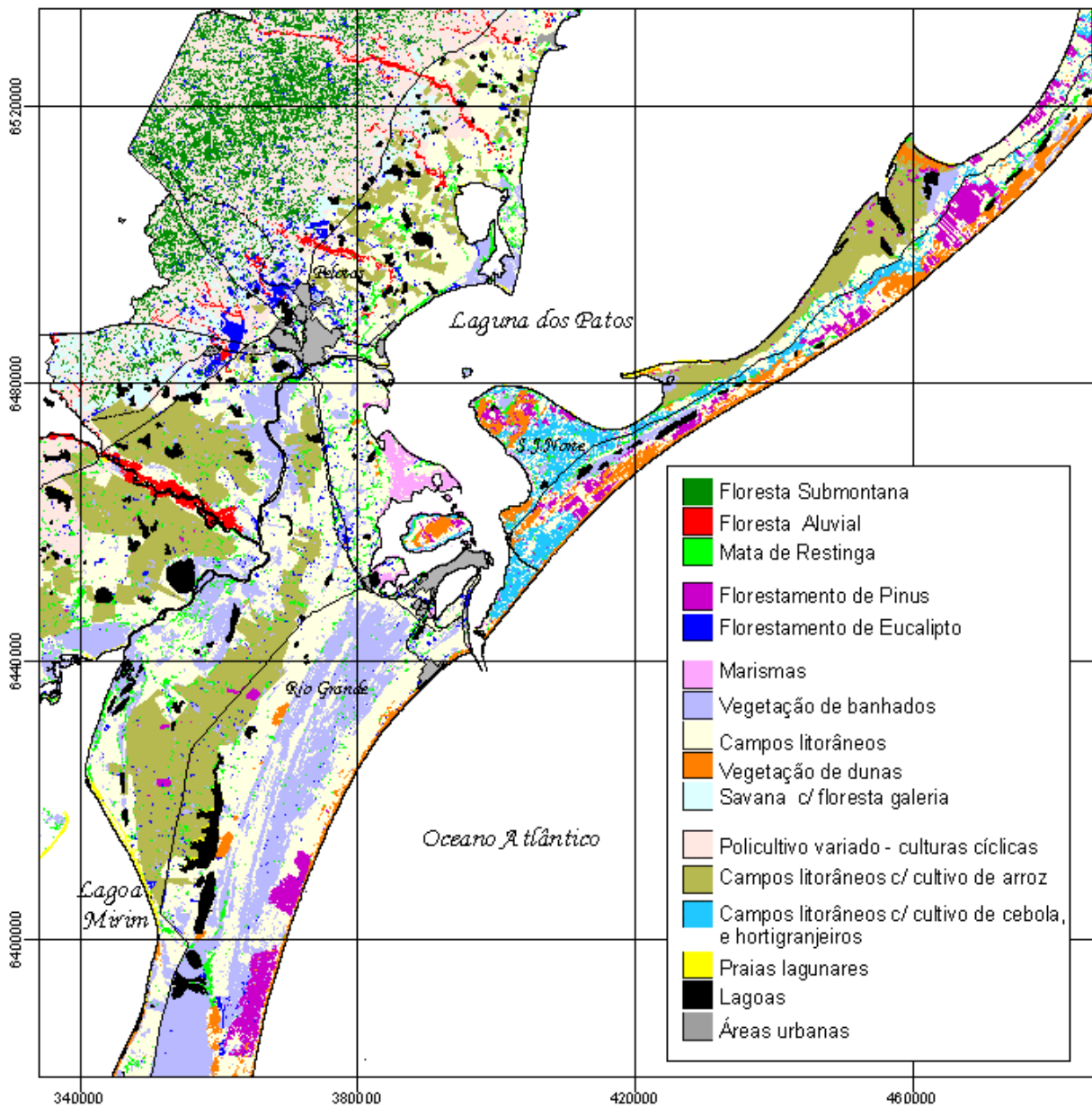
Shimabukuro Y.E., Mello E.M.K., Moreira J.C., Duarte V. (1997B) Segmentação e classificação da imagem sombra do modelo de mistura para mapear desflorestamento na Amazônia. INPE, São José dos Campos, 16p. (INPE-6147-PUD/029).

Shimabukuro Y.E., Smith J.A. (1991). The least square mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 29(1), pp 16-20.

Tagliani, C.R. (2002). *A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado*. 2002. 252f. Porto Alegre, RS. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências, Programa de pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

Yi J.L.R., Aulicino L.C.M., Shimabukuro Y.E., Rudorff B.F., Duarte V., Moreira M.A., Martini P.R., Souza I.M. (1998). Segmentação de imagens-fração derivadas do sensor TM-Landsat para mapeamento do uso do solo no município de Sapezal (MT). *Anais do IX Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, SP*. INPE, CD-ROM. [URLib](#).

Figura 2 - Mapa de Vegetação e Uso do Solo



Base Cartográfica	Escala original
Imagem TM - LANDSAT 7 221_082 24/02/2000	1 : 100.000
	Tagliani, 2002